

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 88107365.4

(51) Int. Cl.⁴ F02D 13/02, F02B 29/08

(22) Anmeldetag: 07.05.88

(30) Priorität: 20.05.87 DE 3716947

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.11.88 Patentblatt 88/47

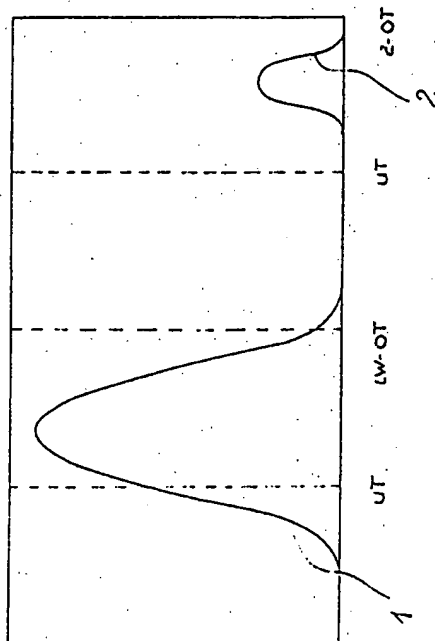
(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT SE

(71) Anmelder: BAYERISCHE MOTOREN WERKE
Aktiengesellschaft
Postfach 40 02 40 Petuelring 130 - AJ-30
D-8000 München 40(DE)

(72) Erfinder: Gartner, Jurij
Planeggerstrasse 11
D-8034 Germering(DE)
Erfinder: Langen, Peter
Magdalenenstrasse 37
D-8000 München 19(DE)

(54) Ladungswechsel-Verfahren für eine 4-Takt-Hubkolben-Brennkraftmaschine.

(57) Beschrieben wird ein Ladungswechsel-Verfahren für eine 4-Takt-Hubkolben-Brennkraftmaschine, bei welchem die Ladungszufuhr zum Zylinder erst im Verdichtungsstakt erfolgt und wobei ein Ausschleiben der zugeführten Ladung noch während dieses Verdichtungsstaktes verhindert wird. Auf diese Weise ist eine hohe Strömungsgeschwindigkeit und eine starke Ladungsverwirbelung auch noch zum Ladungszündzeitpunkt sichergestellt. An einer Brennkraftmaschine mit Hubventilen sind die Einlaßhubventile nur so lange geöffnet, bis sich die für den jeweiligen Betriebspunkt erforderliche Ladung im Zylinder befindet. Dazu werden der Öffnungszeitpunkt, der Schließzeitpunkt und der maximale Ventilhub der Ventilerhebungskurve dem jeweiligen Betriebspunkt entsprechend angepaßt. Die Hubventile können dabei magnetisch oder hydraulisch angesteuert sein, es wird aber auch eine Lösung in Form einer Nockenwellenverstellung kombiniert mit einer hydraulischen Ventilhubabsteuerung vorgeschlagen.



EP 0 291 792 A2

Fig. 1

Ladungswechsel-Verfahren für eine 4-Takt-Hubkolben-Brennkraftmaschine.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Ladungswechsel-Verfahren für eine 4-Takt-Hubkolben-Brennkraftmaschine, sowie eine nach diesem Verfahren arbeitende Brennkraftmaschine.

Üblicherweise erfolgt die Ladungszufuhr zum Zylinder während des sogenannten Saugtaktes, also dann, wenn sich - nachdem zuvor die verbrannte Ladung ausgeschoben wurde - der Kolben von seinem oberen Totpunkt in Richtung seines unteren Totpunktes bewegt.

Insbesondere bei quantitätsgesteuerten Brennkraftmaschinen stellt sich damit im Teillastbetrieb nur eine ungenügend hohe - für einen optimalen Verbrennungsablauf jedoch erwünschte - Verwirbelung der Ladung ein. Zwar erzeugt der Kolben während seiner Abwärtsbewegung unter Energieverbrauch Unterdruck, welcher dazu genutzt wird, die Ladung mit hoher Geschwindigkeit in den Zylinder einströmen zu lassen, wobei an der Drosselstelle (zumeist einer Drosselklappe) eine vorteilhafte Verwirbelung entsteht, jedoch beruhigt sich diese Verwirbelung wieder auf den relativ langen Wegen von der Drosselstelle zum Zylinderbrennraum, so daß zum Zeitpunkt der später stattfindenden Verbrennung bzw. Zündung der Ladung keine ausreichende Wirbelbewegung mehr vorhanden ist.

Aus der DE-OS 31 12 059 ist eine Maßnahme zur verbesserten Ladungsverwirbelung bekannt, wobei ein zusätzliches als Rückschlagventil ausgebildetes Zylinder-Einlaßorgan vorgesehen ist, über welches dem Zylinder Luft unter einem derart gewählten Druck zugeführt wird, daß das Rückschlagventil auch während einer Anfangsphase des Verdichtungstaktes geöffnet bleibt. Eine lange anhaltende Verwirbelung ist hiermit aber nur dann gewährleistet, wenn der Druck der über das Rückschlagventil zugeführten Luft zumindest in Höhe des Kompressionsenddruckes im Zylinder liegen würde. Somit ist diese Maßnahme für Fahrzeug-Brennkraftmaschinen praktisch nicht durchführbar.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Ladungswechselverfahren bereitzustellen, welches eine starke Ladungsverwirbelung bzw. hohe Ladungs-Strömungsgeschwindigkeiten auch zum Zeitpunkt der Ladungszündung sicherstellt. Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des ersten Anspruchs gelöst.

Desweiteren hat sich die Erfindung die Aufgabe gestellt, eine nach diesem Ladungswechselverfahren arbeitende Brennkraftmaschine zu schaffen. Eine Lösung dieser Aufgabe ist in den Ansprüchen 5 und 6 angegeben.

Erfolgt die Ladungszufuhr zum Zylinder erst während des Verdichtungstaktes, so herrscht im Zylinder ein derart hoher Unterdruck, daß sich mit

dem Öffnen des die Ladungszufuhr freigebenden Steuerorganes eine hohe Strömungsgeschwindigkeit und damit eine hohe Verwirbelung einstellt. Um jene Verwirbelung bis zum Ladungszündzeitpunkt aufrecht zu erhalten, muß dabei verhindert werden, daß die zugeführte Ladung noch während jenes Verdichtungstaktes zumindest teilweise wieder ausgeschoben wird. Dies ergäbe nämlich eine Richtungsumkehr der Ladungsströmung, wodurch die für eine gute Verwirbelung erforderliche hohe Strömungsgeschwindigkeit herabgesetzt werden würde. Dieser Effekt läßt sich beispielsweise auch mit Hilfe von Ladungswechselprogrammen berechnen.

Verhindert werden kann ein derartiges Auschieben beispielsweise durch Verwendung eines Rückschlagventiles oder gemäß Anspruch 2 durch entsprechendes Ansteuern eines den Zylindereintritt zur Ladungszufuhr freigebenden Steuerorganes. Dieses bleibt dabei nur solange geöffnet, bis sich die für den jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine erforderliche Ladung im Zylinder befindet; vorteilhafterweise wird dabei die Öffnungszeitspanne in die Nähe des Ladungszündzeitpunktes gelegt, da dann eine besonders intensive Verwirbelung aufgrund hoher Strömungsgeschwindigkeiten sichergestellt ist. Insbesondere geeignet ist jenes Verfahren für eine quantitätsgesteuerte Brennkraftmaschine, da hierbei nur der durch den jeweiligen Betriebspunkt vorgegebene tatsächlich erforderliche Hubraum befüllt wird. Die Laststeuerung jener nach dem erfindungsgemäßen Ladungswechsel-Verfahren arbeitenden Brennkraftmaschine kann somit alleinig durch eine entsprechende Variation der Öffnungsdauer des den Zylindereintritt zur Ladungszufuhr freigebenden Steuerorganes erfolgen. Drosselverluste, wie sie beispielsweise an einer herkömmlichen Drosselklappe auftreten, werden somit vermieden.

Ist jenes Steuerorgan dabei als Hubventil ausgebildet, so ist es besonders vorteilhaft, neben der Öffnungsdauer, welche letztendlich vom Öffnungszeitpunkt und vom Schließzeitpunkt bestimmt ist, zusätzlich den maximalen Ventilhub - hierdurch wird die Strömungsgeschwindigkeit abermals erhöht oder zumindest in ihrer Richtung beeinflusst - und somit die gesamte Ventilerhebungskurve dem jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine anzupassen.

Nach Anspruch 4 erfolgt bei einem erfindungsgemäßen Ladungswechsel-Verfahren die Abfuhr der verbrannten Ladung derart gesteuert, daß sich zum Öffnungszeitpunkt des die Ladungszufuhr freigebenden Steuerorganes noch ein Rest von verbrannter Ladung im Zylinder befindet. Auf diese

Weise können die gegen Ende des Saugtaktes im Zylinder auftretenden Unterdruckwerte in ihrer Höhe begrenzt werden.

Zwar ist auch aus der DE-OS 34 01 362 ein Verfahren zur Steuerung von 4-Takt-Kolbenbrennkraftmaschinen bekannt geworden, bei welchem nach dem Ausschleibetakt eine bestimmte Abgasmenge im Zylinder vorhanden ist und dadurch das verbleibende Zylindervolumen für die Aufnahme von Frischgemisch zum Zweck der Laststeuerung reduziert wird, jedoch erfolgt dabei die Ladungszufuhr wie üblich während des Saugtaktes, also während der Abwärtsbewegung des Kolbens. Jenes bekannte Verfahren hat den Nachteil, daß, um die Zündwilligkeit der Zylinderladung zu gewährleisten, nur geringe Abgasmengen im Zylinder verbleiben können. Deutlich höhere Restmengen von verbrannter Ladung sind jedoch möglich, wenn gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren die Ladungszufuhr erst während des Verdichtungstaktes und somit zeitlich kurz vor dem Ladungszündzeitpunkt erfolgt, da dann der im Zylinder herrschende Unterdruck hohe Strömungsgeschwindigkeiten und somit eine besonders intensive Ladungsverwirbelung hervorruft.

In ähnlicher Weise kann nach Anspruch 5 das die Ladungszufuhr freigebende Steuerorgan zusätzlich kurzzeitig während des Saugtaktes geöffnet werden. Während dieser Öffnungsphase gelangt eine kleine Ladungsmenge eventuell fetten Gemisches in den Zylinder, welche sich während des Verdichtungstaktes mit der dann zugeführten wesentlichen Ladungsmenge vermischt. Hiermit werden nicht nur optimale Zündbedingungen geschaffen, sondern daneben auch der sich während des Saugtaktes einstellende Unterdruck im Zylinder in seiner Höhe begrenzt.

Die folgenden Ansprüche beziehen sich auf nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitende Brennkraftmaschinen.

Dazu können die Hubventile hydraulisch frei ansteuerbar sein, wie dies beispielsweise in der DE-OS 20 06 304 gezeigt ist. Jene Schrift erwähnt im übrigen auch die Möglichkeit, das Einlaßventil zum Zwecke der Verbesserung der Gemischaufbereitung bei abnehmender von der Brennkraftmaschine abzugebender Leistung näher dem Zeitpunkt zu öffnen, zu welchem der Kolben während seines Saughubes die maximale Geschwindigkeit hat. Eine Anregung für ein erfindungsgemäßes Ladungswechsel-Verfahren ist in jener Schrift jedoch nicht enthalten. Ebenso können die Hubventile magnetisch frei ansteuerbar sein, auch hierfür sind bereits zahlreiche Ausführungsbeispiele bekannt geworden.

Nach den Ansprüchen 5 und 6 ist das erfindungsgemäße Verfahren aber auch an mit Nockenwellen versehenen Brennkraftmaschinen durchführ-

bar. Zur Variation von Öffnungs- und Schließzeitpunkt ist dabei die Nockenwelle gegenüber der sie antreibenden Kurbelwelle verdrehbar ausgebildet. Eine Anordnung hierfür ist beispielsweise aus der DE-OS 28 42 154 bekannt geworden. Zur Beeinflussung des vom Nocken vorgegebenen Ventilhubverlaufes kann dabei zwischen dem Nocken und dem Hubventil eine Steuervorrichtung vorgesehen sein, wie sie beispielsweise aus der DE-AS 24 48 311 bekannt geworden ist. Alternativ kann der Nocken aber auch als ein beispielsweise in der DE-AS 25 05 757 gezeigter Raumnocken ausgebildet sein.

Um den Zylinderbrennraum wegen der beim erfindungsgemäßen Ladungswechsel-Verfahren oftmals auftretenden hohen Unterdruckwerte wirkungsvoll gegen das Kurbelgehäuse bzw. den Kurbelraum abzudichten, kann der Kolben zumindest mit einem entsprechenden (zusätzlichen) Kolbenring versehen sein.

Ausführungsbeispiele für eine erfindungsgemäß arbeitende Brennkraftmaschine werden - da konstruktive Details hierzu nicht Wesen der vorliegenden Erfindung sind - hier nicht gezeigt. Vielmehr sind zur Erläuterung dargestellt:

Fig. 1 ein prinzipiell möglicher Ventilhubverlauf,

Fig. 2 ein p-V-Diagramm für ein erfindungsgemäßes Ladungswechsel-Verfahren mit verschiedenen Brennkraftmaschinen-Lasten, wobei die Ladungswechselschleife sowie die Verbrennungsschleife nicht maßstabsgerecht dargestellt sind,

Fig. 3 die Ladungswechselschleife als Ausschnitt eines p-V-Diagrammes für ein erfindungsgemäßes Ladungswechsel-Verfahren sowie ein herkömmliches, gedrosseltes Ladungswechsel-Verfahren, jeweils im Teillastbetrieb.

In Fig. 1 ist der untere Totpunkt des Kolbens mit UT, der obere Totpunkt während der Ladungswechselphase mit LW-OT und der obere Totpunkt während der Zündphase mit Z-OT gekennzeichnet. Die mit der Ziffer 1 bezeichnete Ventilerhebungskurve bezieht sich auf ein Auslaßventil, während die mit 2 bezeichnete Kurve eine erfindungsgemäße Einlaßventilerhebungskurve darstellt. Wesentlich dabei ist, daß das Einlaßventil erst dann öffnet, wenn der Kolben seinen unteren Totpunkt überschritten hat und sich wieder im Verdichtungstakt befindet. Aufgrund des dann im Zylinderbrennraum herrschenden hohen Unterdruckes erreicht die Ladung bei der Befüllung eine solch hohe Strömungsgeschwindigkeit, daß eine intensive Verwirbelung im Zylinderbrennraum stattfindet. Da das Einlaßventil erst während des Verdichtungstaktes geöffnet wird, bleibt diese Verwirbelung bis zu dem kurz vor OT stattfindenden Ladungszündzeitpunkt erhalten. Ein Ausschleiben der frischen Ladung durch den Kolben wird dabei vermieden, indem

das Einlaßventil nur so lange geöffnet ist, bis sich die für den jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine erforderliche Ladung im Zylinder befindet, bis also der jeweils effektive Hubraum, welcher durch den Schließzeitpunkt des Einlaßventiles bestimmt ist, befüllt ist.

Wie ersichtlich, bleibt das Auslaßventil teilweise über den oberen Totpunkt hinaus geöffnet. Damit wird vorteilhafterweise eine Teilmenge verbrannter Ladung angesaugt, wodurch der sich im Zylinderbrennraum bildende Unterdruck in seiner Höhe begrenzt wird. Durch entsprechende Variation der Ventilerhebungskurve 1 des Auslaßventiles sind verschiedene Restgasanteile im Zylinderbrennraum einstellbar.

Ein schematisch dargestelltes p-V-Diagramm für zwei verschiedene Brennkraftmaschinenlasten zeigt Fig. 2, wobei die Ladungswechselschleife und die Verbrennungsschleife nicht maßstäblich zueinander dargestellt sind. Der Wert des Umgebungsdruckes ist mit p_u bezeichnet. Im Verlauf der Ladungswechselschleife 3 öffnet erfindungsgemäß das Einlaßventil für niedere Lasten (4) später als für höhere Lasten (5), um hohe Strömungsgeschwindigkeiten und somit eine starke Verwirbelung möglichst nahe dem Ladungszündzeitpunkt sicherzustellen. Die Zündbedingungen werden folglich mit abnehmender Last besser.

Fig. 3 zeigt zwei Ladungswechselschleifen als Ausschnitt eines p-V-Diagrammes, welche beide einem rechnerisch identischen Teillast-Betriebspunkt einer Hubkolben-Brennkraftmaschine entsprechen. Der mit 6 bezeichnete durchgezogene Kurvenverlauf zeigt ein herkömmliches Ladungswechsel-Verfahren, nach welchem die Ladungszufuhr zum Zylinder über eine Drosselklappe gedrosselt während des dem Verdichtungsstakt vorangehenden Saugtaktes erfolgt. Der mit 7 bezeichnete strich-punktierte Kurvenverlauf stellt jene Schleife für ein erfindungsgemäßes Ladungswechsel-Verfahren dar. Wie aus dem insbesondere innerhalb des mit a bezeichneten Volumenabschnittes herrschenden deutlich größeren Druckgradienten ersichtlich ist, strömt hierbei die Ladung mit deutlich höherer Geschwindigkeit und unter wesentlich stärkerer Verwirbelung in den Zylinder.

Mit dem erfindungsgemäßen Ladungswechsel-Verfahren ist somit höchste Zündwilligkeit auch bei einem extrem mageren Gemisch sichergestellt. Eine deutliche Reduktion der Emissionen von Stickoxyden und Kohlenwasserstoffen ist damit ebenso erzielbar wie Verbesserungen im spezifischen Kraftstoffverbrauch.

Das vorliegende erfindungsgemäße Ladungswechsel-Verfahren eignet sich insbesondere für den Teillastbetrieb einer quantitativ gesteuerten Brennkraftmaschine und schafft dabei

nicht nur hohe Verwirbelungen im Zylinderbrennraum, bietet somit Vorteile hinsichtlich Brennverlauf, Zündwilligkeit sowie Abgaszusammensetzung, sondern stellt zusätzlich ein äußerst sensibles Laststeuer-Verfahren dar. Während beim herkömmlichen Laststeuer-Verfahren einer quantitativ gesteuerten Brennkraftmaschine mit Hilfe einer Drosselklappe mit zunehmenden Lasten ein immer niedrigeres Druckgefälle vorhanden ist und somit der Ladungswechsel im Hochlastbereich allein aufgrund der kinetischen Energie des Kolbens erfolgt, ist beim erfindungsgemäßen Ladungswechsel-Verfahren das zur Verfügung stehende Druckgefälle nahezu proportional zum anliegenden Lastwunsch. Bei höherem Lastwunsch öffnet das Einlaßventil kurz nachdem der Kolben seinen unteren Totpunkt überschritten hat, bei niedrigerem Lastwunsch erst deutlich später. Dann ist jedoch auch der im Zylinderbrennraum herrschende Unterdruck geringer. Vorteilhafterweise reagiert somit eine nach dem erfindungsgemäßen Ladungswechsel-Verfahren arbeitende Brennkraftmaschine deutlich empfindlicher auf Änderungen des anliegenden Lastwunsches.

Ansprüche

1. Ladungswechsel-Verfahren für eine 4-Takt-Hubkolben-Brennkraftmaschine,

dadurch gekennzeichnet, daß die Ladungszufuhr zum Zylinder im wesentlichen im Verdichtungsstakt erfolgt, und daß ein Ausschleiben der zugeführten Ladung noch während dieses Verdichtungsstaktes verhindert wird.

2. Ladungswechsel-Verfahren nach Anspruch 1 für eine quantitativ gesteuerte Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, daß ein den Zylindereintritt zur Ladungszufuhr freigebendes Steuerorgan nur so lange geöffnet ist, bis sich die für den jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine erforderliche Ladung im Zylinder befindet.

3. Ladungswechsel-Verfahren nach Anspruch 2 für eine Brennkraftmaschine mit Hubventilen, dadurch gekennzeichnet, daß der Öffnungszeitpunkt, der Schließzeitpunkt und der maximale Ventilihub der Ventilerhebungskurve dem jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine angepaßt sind.

4. Ladungswechsel-Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich zum Öffnungszeitpunkt des die Ladungszufuhr freigebenden Steuerorgans aufgrund gesteuerter Ladungsabfuhr während des vorangegangenen Ausschleibetaktes noch ein Rest von verbrannter Ladung im Zylinder befindet.

5. Ladungswechsel-Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das die Ladungszufuhr freigebende Steuerorgan während des dem Verdichtungstakt vorausgehenden Saugtaktes zusätzlich kurzzeitig geöffnet wird.

5

6. Hubkolben-Brennkraftmaschine zum Betreiben des Ladungswechsel-Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 mit Hubventilen, welche von Nocken betätigt werden, wobei diese auf einer Nockenwelle angeordnet sind, welche von einer Kurbelwelle angetrieben ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Nockenwelle gegenüber der Kurbelwelle verdrehbar ist und daß zwischen Nocken und Hubventil eine Steuervorrichtung zur Beeinflussung des durch den Nocken vorgegebenen Ventilhubverlaufes vorgesehen ist.

10

15

7. Hubkolben-Brennkraftmaschine zum Betreiben des Ladungswechsel-Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 mit Hubventilen, welche von Nocken betätigt werden, wobei diese auf einer Nockenwelle angeordnet sind, welche von einer Kurbelwelle angetrieben ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Nockenwelle gegenüber der Kurbelwelle verdrehbar ist, und daß die Nocken als Raumnocken ausgebildet sind, deren jeweils relevanter Erhebungsverlauf einstellbar ist.

20

25

30

35

40

45

50

55

5

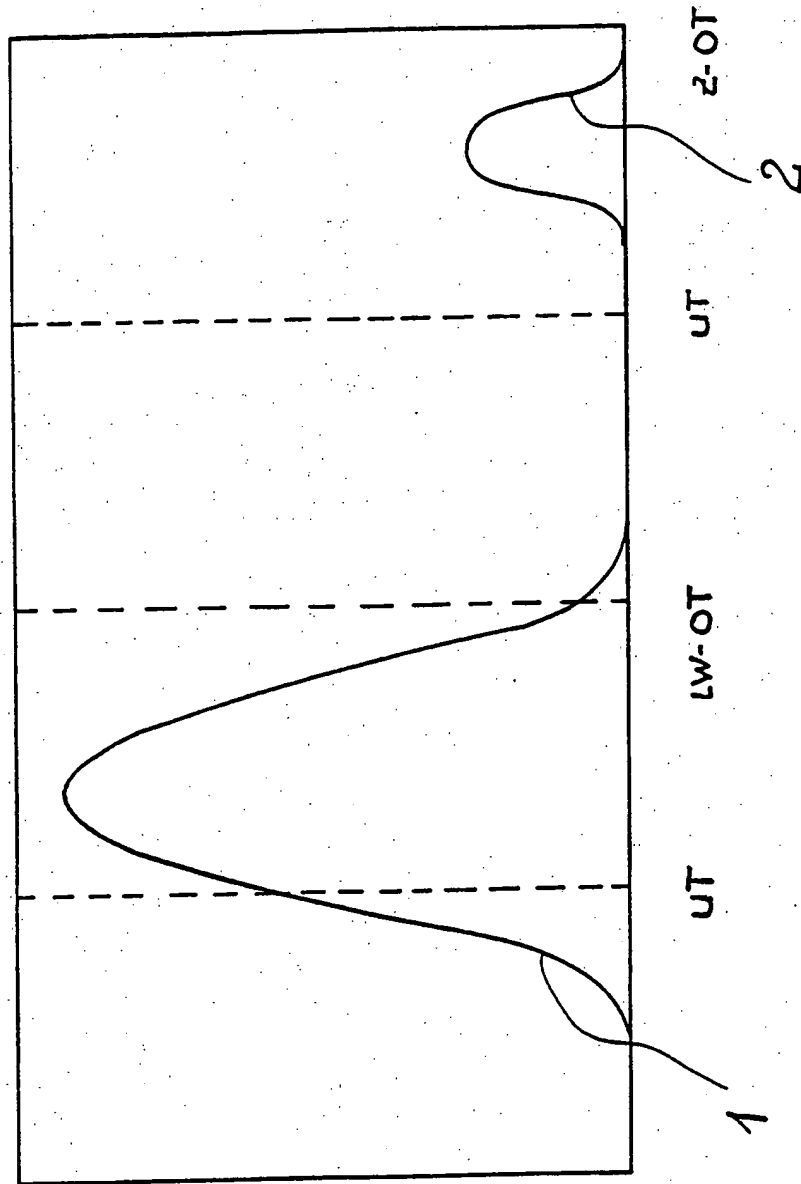
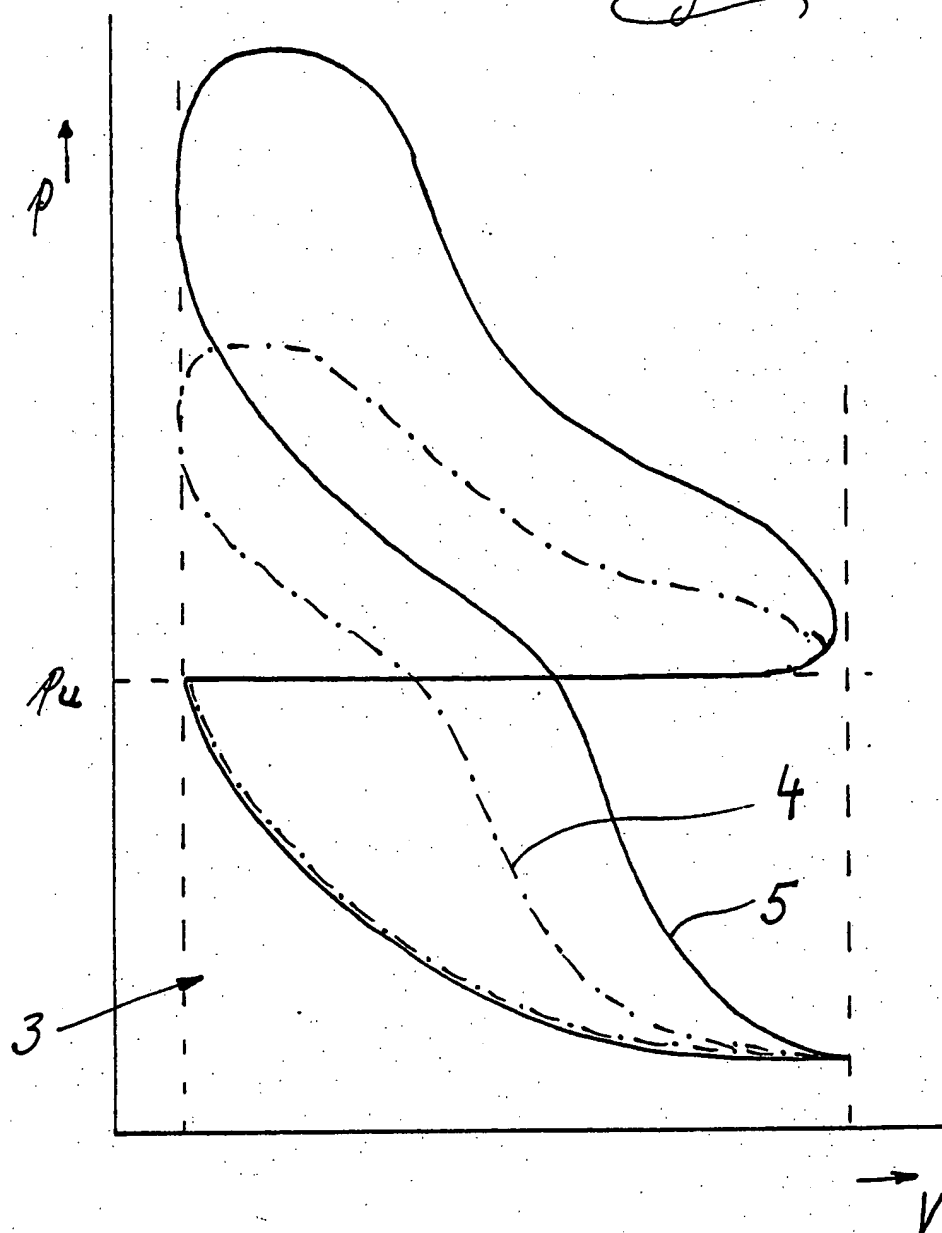


Fig. 1

Fig. 2



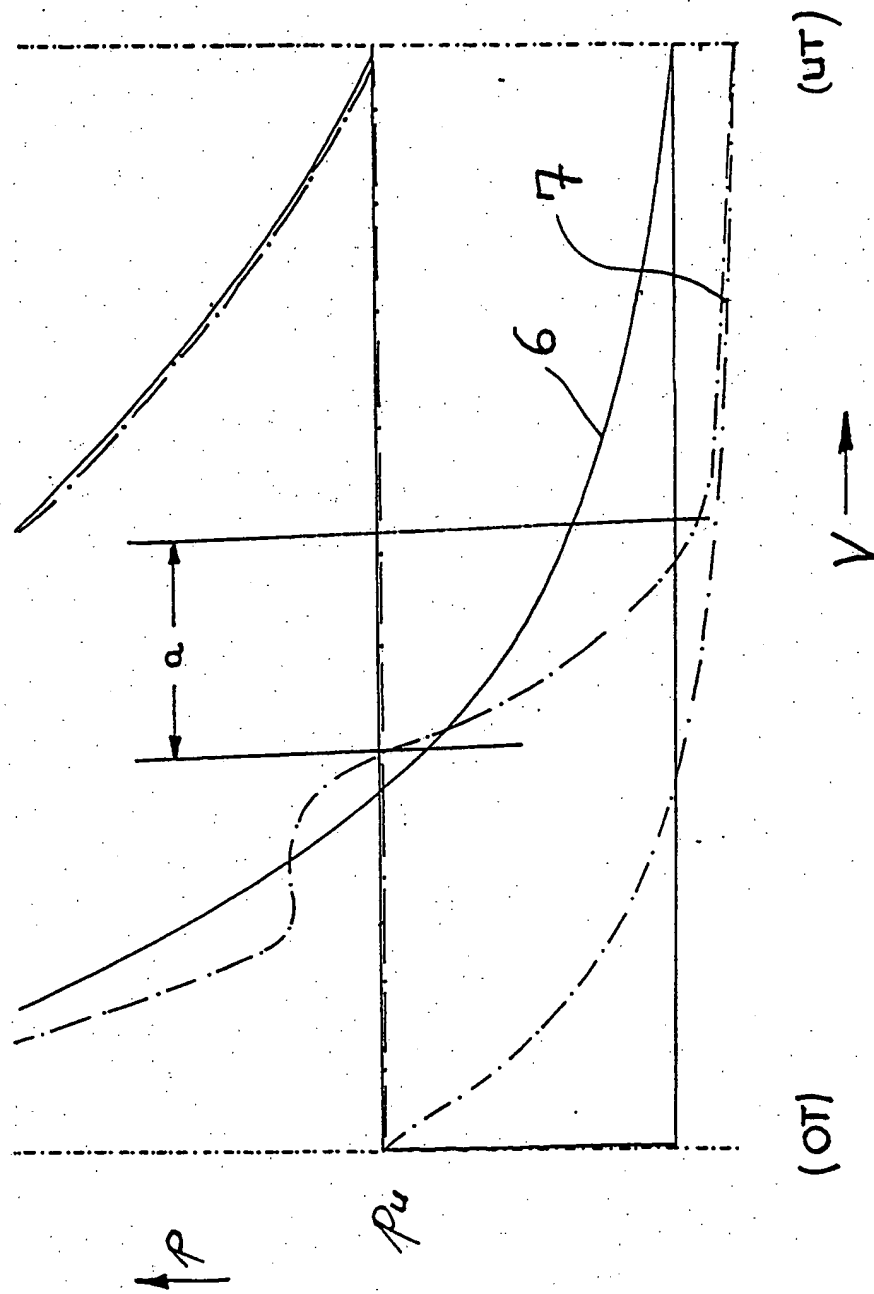


Fig. 3